

機関番号：32419  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2009～2010  
 課題番号：21770269  
 研究課題名（和文） ミラーニューロンシステムからみた睡眠不足時の危険認知機能への影響と個体差の検討  
 研究課題名（英文） Effects of sleep deprivation and inter-individual difference from risk perceptual mirror neuron system  
 研究代表者  
 田村 美由紀（TAMURA MIYUKI）  
 人間総合科学大学・人間総合科学研究科・助教  
 研究者番号：80508789

研究成果の概要（和文）：本研究では、睡眠不足時の社会認知機能への影響について、機能的核磁気共鳴画像法（fMRI）を用いて検討を行った。社会認知機能の1つであるミラーニューロンシステム（MNS）と共感に関連する、脳の機能領域に着目し、痛みを伴う行動認知や表情認知刺激を用いた実験を実施した。その結果、睡眠不足時には情動に重要な役割を持つ島皮質において、痛みや恐怖の表情といったネガティブな刺激に対して強く賦活する事が明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：We used fMRI to examine subjects in sleep-deprived and well-rested states to examine the effects of sleep deprivation on neural activity related to emotional facial and pain expression processing, predicting that activity in MNS and empathy related brain areas would be significantly affected. The results showed that viewing fearful facial expressions and pain expressions significantly activated in insula related to emotion processing following sleep deprivation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・応用人類学

キーワード：生理人類学・睡眠・脳機能

#### 1. 研究開始当初の背景

日本人の睡眠時間は減少の一途を辿っている\*2。睡眠不足は日中の眠気、集中力低下、倦怠感等を増大させ、生活者のQOLを低下させる。Dementらによる米国議会報告書‘Wake Up America’等でも指摘されているように、不十分な、もしくは障害された睡眠は、数多くの産業事故の原因となっており、そのための日本国内における産業資本ロスは年間3兆5千億円に達すると試算されている\*3。一般的に、睡眠不足によるヒューマンエラー／事故は、日中の眠気の増大によって生じる突発的な短時間睡眠（microsleep）や注意集中力低下などが原因と考えられている。しかし

一方で、脳波上の覚醒水準の低下を伴わない精神運動機能抑制も観察されており、そのメカニズムには不明な点も多い。

これまで、睡眠不足時の脳機能低下モデルとして、断眠負荷の影響が研究されている。機能的核磁気共鳴画像法（fMRI）を用いた研究では、記憶や認知機能の低下に関連する脳領域が報告されている\*4。最近では断眠によって脳内の側座核が活性化するとともに、感情的な衝撃の大きさを測る島の活動が鈍くなり、よりリスクの高い行動をとりやすくなるという報告もある\*5。しかしながら、断眠時の危険認知に着目し、それをミラーニューロンシステム（MNS）から明らかにした研究

はこれまでにない。MNS は、他者の心理や行動を予測・理解する上で重要な役割を果たしている事が、様々な研究で明らかにされている。申請者は危険行動を予測・理解する際も、MNS がより強く活性化することを既に確認している。

また、断眠時の眠気やパフォーマンスの低下には大きな個体差があることが知られており\*6、これが夜勤や交替制勤務への適応能を規定する大きな要因の一つとなっている。しかしながら、個体差に関わる脳内責任部位を明らかにした研究は少ない。さらに、睡眠時間の減少にともなう慢性的な睡眠不足は現代の社会問題となっているにもかかわらず、その影響について個体差も含め fMRI を用いて調べた研究ほとんどない。

## 2. 研究の目的

ミラーニューロンシステム (MNS) は、他者の行為を見た際にあたかも鏡に映したように自分の行為として投影・認識するための神経活動システムである。MNS は高等なサルやヒトが進化の過程で独自に獲得した機能であり、他者の心理や行動を予測・理解するといった生存にとって重要な機能を担っている。

本研究では、現代社会が直面している睡眠不足に対するヒトの不応 (ヒューマンエラーの増加) の問題に焦点を当てる。具体的には、睡眠不足時に低下すると思われる危険認知機能について、MNS を用いて明らかにする。また、生理人類学的な視点にもとづき、睡眠不足に対する不応の個体差にも着目し、その脳内メカニズムを明らかにする。

## 3. 研究の方法

実験は、一晩の徹夜後の危険認知機能を計測する「全断眠モデル」を実施した (図 1)。fMRI 計測では、突発的な疼痛や危険 (火傷、切傷) を伴う行動場面 (図 2) と表情 (喜び、恐怖の表情) を提示した際に活性化される MNS 及び共感に関連する機能が、全断眠後にどのように修飾・障害されているかを、個体差も含めて明らかにした。また、不安、うつ傾向、パーソナリティに関する主観的評価を行い、睡眠不足と個体差の関連を評価するために用いた。

実験開始 1 週間前から、規則的な睡眠習慣の統制を行い、腕時計型行動量計 (Actiwatch) で睡眠覚醒リズムを 24 時間連続測定した。実験開始前日よりカフェイン含有物やアルコール等の摂取を避けるよう指示し、fMRI 測定前日の夕方から実験室にて監視のもと、断眠を行った。fMRI の測定は断眠明けの夕方 16 時から行い、充足睡眠と断眠との条件間でのカウンターバランスをとり、それぞれ 1 週間以上の間隔をあけた。fMRI 解析は、専

用の解析ソフト (SPM) を用いて行った。

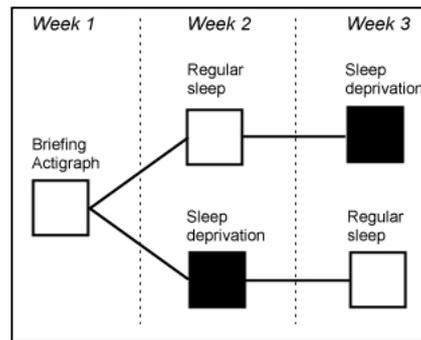


図 1 実験プロトコル

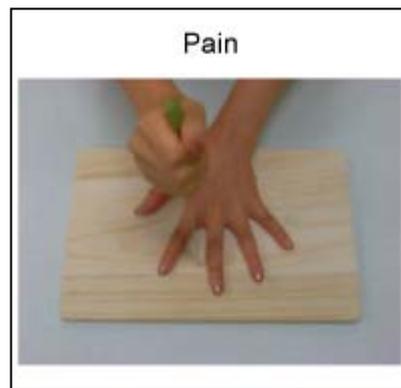


図 2 疼痛や危険を伴う行動場面



図 3 表情

右：恐怖、左：喜び

## 4. 研究成果

### (1) 痛みを伴う行動認知の結果

痛みを伴う危険な行動場面を観測した際に、充足睡眠時では、断眠時と比較して前帯状皮質や中側頭回が有意に賦活した。一方、断眠時では、充足睡眠時と比較して中心後回、中前頭回、島が有意に賦活した。さらに、断眠時には状態不安の傾向が高いほど、痛みを伴う行動場面に対して島が強く賦活する相関がみられた (図 2)。

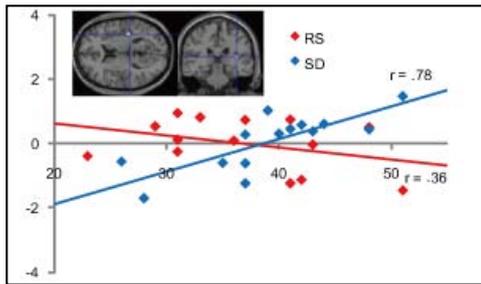


図3 痛み認知と島皮質の賦活との相関  
RS: 充足睡眠群 (赤), SD: 断眠群 (青)  
縦軸: 賦活の信号変化, 横軸: 状態不安スコア

## (2) 表情認知の結果

喜びの表情を観測した際に、充足睡眠時では、断眠時と比較して、舌状回、下前頭回、紡錘状回、島が有意に賦活した。さらに、恐怖の表情を観測した際に、断眠時では、充足睡眠時と比較して、下前頭回、中後頭回、舌状回、島が有意に賦活した。さらに、充足睡眠時にはうつ傾向が高いほど、喜びの表情に対して紡錘状回が強く賦活する相関がみられた。一方で、断眠時には精神健康度が低いほど、恐怖の表情に対して島が強く賦活する相関がみられた (図3)。

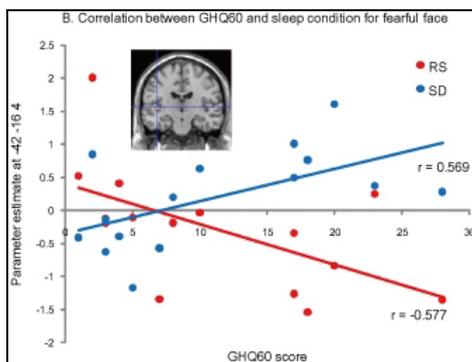


図4 恐怖の表情と島との相関  
RS: 充足睡眠群 (赤), SD: 断眠群 (青)  
縦軸: 賦活の信号変化, 横軸: 精神健康度スコア

本研究により、睡眠不足によって、情動的にネガティブな刺激に対して、脳機能変化がみられる事が明らかとなった。またその変化は、心理的な指標と強く関連する知見も得た。

睡眠不足時に危険認知機能が低下する神経メカニズムの一端が明らかになり、その個体が持つ危険認知機能や事故リスクを定量的に評価できる指標として期待できる。またMNS機能特性から、睡眠不足への適応能の個体差とその脳内メカニズムを知ることができれば、長時間労働・短時間睡眠が常態化している現代社会においてヒューマンエラー/事故を抑止するための一助となる。

今後は、ネガティブな情動に対する脳機能変化に焦点を絞り、睡眠不足との関連をみていく必要がある。また、個体差が傾向として

みられた事から、アンケート等の主観的評価だけではなく、内分泌系の反応 (コルチゾールやメラトニン)、また時計遺伝子型との関連など、現在睡眠不足との関連が報告されている指標を総合的に評価した研究を推進していく必要がある。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

1. Enomoto M, Tsutsui T, Higashino S, Otaga M, Higuchi S, Aritake S, Hida A, **Tamura M**, Matsuura M, Kaneita Y, Takahashi K, Mishima K, Sleep-related problems and use of hypnotics in inpatients of acute hospital wards, 2010, *Gen Hosp Psychiatry*, 32; 3, 276-83, 査読有。
2. Soshi T, Kuriyama K, Aritake S, Enomoto M, Hida A, **Tamura M**, Kim Y, Mishima K, Sleep deprivation influences diurnal variation of human time perception with prefrontal activity change: a functional near-infrared spectroscopy study, 2010, *PLoS One*, 5; 1, e8395, 査読有。
3. **田村 美由紀**, 樋口 重和, 睡眠負債の脳機能イメージング, 2009, *睡眠医療*, 3; 383-386, 査読有。

[学会発表] (計9件)

1. **Tamura M**, Higuchi S, Hida A, Aritake S, Enomoto M, Kitamura S, Watanabe M, Moriguchi Y, Mishima K, Relationships between empathy and sleep deprivation: an fMRI study, 29<sup>th</sup> International Congress of Clinical Neurophysiology, 2010年10月, 神戸。
2. **Tamura M**, Higuchi S, Hida A, Aritake S, Enomoto M, Kitamura S, Watanabe M, Moriguchi Y, Mishima K, Effects of sleep deprivation on face emotion processing, 第33回日本神経科学大会, 2010年9月, 神戸。
3. **田村 美由紀**, 樋口 重和, 肥田 昌子, 有竹 清夏, 榎本 みのり, 守口 善也, 三島和夫, 睡眠負債時の表情認知機能とミラーニューロンシステム, 第6回アジア睡眠学会, 日本睡眠学会第34回定期学術集会, 第16回日本時間生物学会学術大会, 2009年10月, 大阪。
4. 肥田 昌子, 渡邊 真紀子, 加藤 美恵, 有竹 清夏, 榎本 みのり, 北村 真吾, **田村 美由紀**, 樋口 重和, 三島 和夫, 概日時計システムと睡眠調節, 第6回アジア睡眠学会, 日本睡眠学会第34回定期学術集会, 第16回日本時間生物学会学術大会,

- 2009年10月, 大阪.
5. 有竹 清夏, 樋口 重和, 肥田 昌子, 鈴木博之, 榎本 みのり, **田村 美由紀**, 栗山健一, 曾雌 崇弘, 北村 真吾, 渡邊 真紀子, 井上 正雄, 三島 和夫, 自己覚醒と脳血流変動, 第6回アジア睡眠学会, 日本睡眠学会第34回定期学術集会, 第16回日本時間生物学会学術大会, 2009年10月, 大阪.
  6. 榎本 みのり, 古田 光, 肥田 昌子, 有竹清夏, 北村 真吾, 渡邊 真紀子, **田村 美由紀**, 樋口 重和, 松浦 雅人, 筒井 孝子, 大塚賀 政昭, 兼板 佳孝, 三島 和夫, 診療報酬データに基づく睡眠薬の処方実態に関する横断的および縦断的調査, 第6回アジア睡眠学会, 日本睡眠学会第34回定期学術集会, 第16回日本時間生物学会学術大会, 2009年10月, 大阪.
  7. 北村 真吾, 肥田 昌子, 渡邊 真紀子, 有竹 清夏, 榎本 みのり, **田村 美由紀**, 樋口 重和, 三島 和夫, 夜型指向性と重度の睡眠負債が抑うつ傾向に関連する, 第6回アジア睡眠学会, 日本睡眠学会第34回定期学術集会, 第16回日本時間生物学会学術大会, 2009年10月, 大阪.
  8. 曾雌 崇弘, 栗山 健一, 有竹 清夏, 榎本 みのり, 肥田 昌子, **田村 美由紀**, 金 吉晴, 三島 和夫, 睡眠剥夺によるヒト短時間知覚の変動と前頭前野の血流動態変動の関連, 第6回アジア睡眠学会, 日本睡眠学会第34回定期学術集会, 第16回日本時間生物学会学術大会, 2009年10月, 大阪.
  9. **Tamura M**, Higuchi S, Hida A, Aritake S, Enomoto M, Moriguchi Y, Mishima K, Risk perceptual function from mirror neuron system, 第32回日本神経科学大会, 2009年9月, 名古屋.

[その他]

ホームページ等

<http://www.ncnp.go.jp/nimh/seiri/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田村 美由紀 (Miyuki Tamura)

人間総合科学大学・人間総合科学研究科・助教

研究者番号：80508789

### 引用文献

\*<sup>1</sup> Rizzolatti G and Craighero L. *Annu Rev Neurosci* 27: 169-92, 2004.

\*<sup>2</sup> NHK 放送文化研究所. 2005年国民生活時間調査報告書, 2006.

\*<sup>3</sup> National Commission on Sleep Disorders

Research: Wake Up America *National Sleep Alert*, 1993.

\*<sup>4</sup> Sterpenich V et al. *PLoS Biol* 5(11): 282.

\*<sup>5</sup> Venkatraman V et al. *Sleep* 30(5): 603-9, 2007.

\*<sup>6</sup> Van Dongen HP et al. *Sleep* 27(3): 423-33, 2004.